



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift  
⑩ DE 41 25 856 C 1

⑤1 Int. Cl. 5:  
**H 02 G 15/02**  
G 01 R 15/02  
G 01 R 19/145  
H 01 F 40/08

②1 Aktenzeichen: P 41 25 856.8-34  
②2 Anmeldetag: 3. 8. 91  
④3 Offenlegungstag: —  
⑤6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 9. 92

DE 41 25 856 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Karl Pfisterer Elektrotechnische Spezialartikel GmbH  
& Co KG, 7000 Stuttgart, DE

⑦4 Vertreter:

Bartels, H.; Held, M., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Fink, H.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

⑦2 Erfinder:

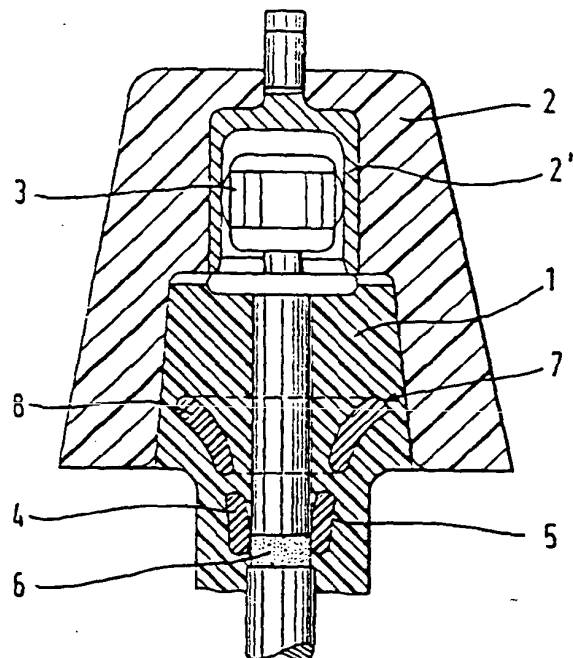
Schächterle, Werner, 7057 Winnenden, DE; Sander,  
Dieter, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE; Bachmeier,  
Albert, Ing.(grad.), 7067 Plüderhausen, DE; Bäuerle,  
Gottfried, Ing.(grad.), 7012 Fellbach, DE; Gottschalk,  
Klaus, Dipl.-Ing., 7014 Kornwestheim, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 11 462 C2

⑤4 Sensoreinrichtung für Hochspannungsleiter

⑤7 Bei einer Sensoreinrichtung (7) für Mittelspannungs- und Hochspannungsleiter mit einem elektrisch isolierenden, zum Umfassen des Leiters ringförmigen Träger (8) für eine ebenfalls ringförmige Elektrode als kapazitiver Spannungssensor und eine den Leiter zum Umfassen vermögende Spule als induktiver Stromsensor, ist die Elektrode durch die Windungen der Spule gebildet.



DE 41 25 856 C 1

Die Erfindung betrifft eine Sensoreinrichtung für Hochspannungsleiter mit einem elektrisch isolierenden, zum Umfassen des Leiters ringförmigen Träger für eine ebenfalls ringförmige Elektrode als kapazitiver Spannungssensor und eine den Leiter zu umfassen vermögende Spule als induktiver Stromsensor.

Bei einer bekannten Sensoreinrichtung dieser Art (DE 36 11 462 C2), die mit einem Kabelstecker für Leiter eines Mittelspannungs- oder Hochspannungsnetzes kombiniert ist, enthält der aus Silikonkautschuk bestehende Isolierkörper, durch den das Kabelende hindurchgeführt ist, einen elektrisch isolierenden, das Kabelende im Abstand konzentrisch umgebenden Träger, der auf seiner dem Kabel zugekehrten Seite mit einer elektrisch leitenden Schicht versehen ist, die sowohl eine Elektrode als kapazitiver Spannungssensor bildet als auch eine Feldsteuerelektrode. Die dem Kabel abgewandte Seite des Trägers bildet einen zylindrischen Sitz für das Spulengehäuse eines Ringstromwandlers, dessen Wicklung in diesem Spulengehäuse liegt. Mit dieser Sensoreinrichtung ist es zwar möglich, das Kabel, auf dessen Ende der Kabelstecker montiert ist, hinsichtlich seiner Spannung und seiner Strombelastung zu überwachen oder auch die Spannung und den Strom zu messen. Der Aufwand und der Raumbedarf für diese Sensoreinrichtung sind jedoch relativ groß.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Sensoreinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die kostengünstiger als die bekannte Sensoreinrichtung ist und insbesondere auch raumsparender ausgebildet sein kann. Diese Aufgabe löst eine Sensoreinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Dadurch, daß bei der erfindungsgemäßen Sensoreinrichtung die Elektrode durch die Windungen der Spule gebildet ist, ist der Raumbedarf auf denjenigen des Trägers reduziert. Aber auch dann, wenn der Platzbedarf keine entscheidende Rolle spielt, ist die erfindungsgemäße Lösung vorteilhaft, da nur ein einziger Sensor erforderlich ist. Hierdurch lassen sich auch Kosten einsparen. Zwar macht die erfindungsgemäße Lösung eine potentialfreie Verarbeitung des Stromsignals erforderlich. Diese Forderung läßt sich aber problemlos erfüllen.

Man könnte prinzipiell die Spule auch mehrlagig ausbilden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform bilden jedoch die Windungen eine einlagige Rogowski-Spule mit einem Spulenquerschnitt, der gleich dem Querschnitt des Trägers ist. Die Windungen der Spule liegen hierbei also alle auf der Oberfläche des Trägers, da dies aus Fertigungsgründen besonders vorteilhaft ist. Ferner kann jede gewünschte Querschnittsform der Rogowski-Spule einfach realisiert werden, da hierzu nur dem Träger eine entsprechende Querschnittsform gegeben zu werden braucht.

Zwar kann grundsätzlich der Träger auch aus einem unelastischen Isoliermaterial bestehen. Wesentlich vorteilhafter ist jedoch ein elastisch deformierbares Material, da dann Dehnungen, wie sie beispielsweise durch Wärembelastungen auftreten, ausgeführt werden können oder auch der Träger im aufgeweiteten Zustand auf ein Bauteil aufgesetzt werden kann, an dem er dann durch seine Vorspannung festgelegt ist. Die Windungen der Spule sind dabei vorzugsweise aus einer halbleitenden oder leitenden Schicht gebildet, die auf die Oberfläche des Trägers aufgebracht und zweckmäßigerweise ebenfalls elastisch ist. Ganz besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Silikonkautschuk für den Träger und

auch für die leitende Schicht. Silikonkautschuk ist sehr alterungsbeständig und hat eine hohe elektrische Isolier- und Dichtungsfähigkeit. Er ist auch auf glattem Untergrund rutschfest, was dann besonders vorteilhaft ist, wenn der Träger auf einen glatten Körper, beispielsweise einen Isolator eines Kabelendverschlusses, aufgesetzt wird. Ferner läßt sich ein Träger aus Silikonkautschuk problemlos in einen Isolierkörper aus Silikonkautschuk einbetten.

Sofern die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung an einem Kabelende angeordnet werden muß, kann die Elektrode auch die Feldabsteuerung bewirken oder bei der Feldabsteuerung mitwirken. Hierzu braucht der Elektrode nur die Form einer Feldsteuerelektrode gegeben zu werden, was ohne weiteres möglich ist, weil eine solche Form sich nicht nachteilig auf die Funktion als Spannungssensor und als Stromsensor auswirkt. Die Windungen haben in diesem Falle also eine dreifache Funktion.

Sofern die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung einem Kabelstecker für Mittelspannungs- oder Hochspannungskabel zugeordnet werden soll, ist sie vorzugsweise in dem Isolierkörper des Kabelsteckers konzentrisch zu dessen Durchgangskanal angeordnet. Dabei ist es besonders vorteilhaft, die durch die Windungen gebildete Elektrode zusätzlich zu einer nur der Feldsteuerung dienenden Elektrode vorzusehen und so anzuordnen, daß die beiden gegeneinander isolierten Elektroden gemeinsam den für die Feldsteuerung erforderlichen Trichter bilden.

Die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung kann aber auch freiliegend verwendet werden. Allerdings ist es in diesem Falle in der Regel zweckmäßig, die auf der Oberfläche des Trägers liegenden Windungen vollständig abzudecken, beispielsweise mit einer Schicht aus Silikonkautschuk zu bedecken, damit die Windungen nicht äußeren Einflüssen ausgesetzt sind. Die Windungen sind dann vollständig in das isolierende Material eingebettet.

Sofern die Sensoreinrichtung freiliegend ist, wird durch sie vor allem dann, wenn der Träger aus Silikonkautschuk besteht, die Kriechstromfestigkeit des die Sensoreinrichtung tragenden Körpers, beispielsweise des Isolators eines Kabelendverschlusses, nicht reduziert. Man kann sogar die Kriechstromfestigkeit mit Hilfe der Sensoreinrichtung vergrößern, da an die die Windungen abdeckende Schicht hierfür geeignete Ansätze, wie beispielsweise Schirmringe oder Tropfkanten, angeformt werden können.

Im folgenden ist die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen im einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines ersten Ausführungsbeispiels und eines dieses Ausführungsbeispiel enthaltenden Kabelsteckers,

Fig. 2 einen perspektivisch und vergrößert dargestellten Abschnitt des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 ein vereinfacht dargestelltes Schaltbild des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 4 ein im Schnitt dargestelltes zweites Ausführungsbeispiel, das auf einen in Ansicht dargestellten Kabelendverschluß aufgesetzt ist.

Ein Kabelstecker für ein isoliertes Energieversorgungskabel eines Mittelspannungsnetzes weist einen aus Silikonkautschuk bestehenden Isolierkörper 1 auf, der einen zentralen Durchgangskanal für den abgemantelten Endabschnitt des Kabels hat. Der Isolierkörper 1 liegt deshalb im montierten Zustand mit radialer Vorspannung an der die Kabelseele umhüllenden Kunst-

stoffisolation elektrisch dicht an. Die konische Außenmantelfläche des Isolierkörpers 1 liegt, wenn der Kabelstecker in die zugeordnete Steckbuchse eingesteckt ist, an der Innenwand des elektrisch isolierenden Steckbuchsenkörpers 2 an und verschließt dadurch elektrisch dicht den Zugang zur Kontaktbuchse 2' der Steckbuchse, die vom Kontaktkörper 3 des Kabelsteckers kontaktiert wird.

In den Isolierkörper 1 ist ein sich trichterförmig gegen den Kontaktkörper 3 hin öffnender, ringartiger Trägerkörper 4 eingebettet. Die Oberfläche des Trägerkörpers 4 ist mit einer dünnen Schicht 5 aus elektrisch leitendem Silikonkautschuk bedeckt, die vor der Einbettung in den Isolierkörper 1 aufgebracht worden ist. Diese Schicht 5 dient der Feldsteuerung und kontaktiert die auf Erdpotential liegende Leitschicht 6 des Kabels, welche von hier aus bis zum Ende des Kabels vor dem Aufschieben des Isolierkörpers 1 entfernt worden ist.

Gleichachsig zu dem zentralen Durchgangskanal des Isolierkörpers 1, der dort, wo die Schicht 5 an der Leitschicht 6 anliegt, durch die Schicht 5 begrenzt ist, ist in den Isolierkörper 1 axial gegen den Kontaktkörper 3 hin versetzt eine als Ganzes mit 7 bezeichnete Sensoreinrichtung eingebettet. Die Sensoreinrichtung 7 weist einen ringartigen Träger 8 auf, der wie der Trägerkörper 4 aus elektrisch isolierendem Silikonkautschuk besteht und eine Form hat, die mit einer sich gegen den Kontaktkörper 3 hin überproportional aufweitenden Buchse mit stark abgerundeten Enden ungefähr vergleichbar ist. Wie Fig. 1 zeigt, setzt die dem Kabel zugekehrte Innenfläche des Trägers 8 den von der Schicht 5 definierten Trichter gegen den Kontaktkörper 3 hin fort, und zwar so, daß eine für die Feldsteuerung optimale Trichterform gebildet wird.

Auf die Oberfläche des Trägers 8 ist eine elektrisch leitende Schicht aus Silikonkautschuk aufgebracht, die jedoch nicht die Oberfläche des Trägers 8 vollständig bedeckt, sondern aus den Windungen 9' einer einlagigen Rogowski-Spule 9 besteht. Der Zwischenraum zwischen den Windungen 9' ist in Fig. 2 mit 10 bezeichnet. Die Rogowski-Spule 9 hat dadurch, daß ihre Windungen 9' durch eine auf die Oberfläche des Trägers 8 aufgebrachte leitende Schicht gebildet sind, die gleiche Querschnittsform wie der Träger 8. Sie erstreckt sich in Umfangsrichtung des Trägers 8 über dessen gesamten Umfang.

Im Ausführungsbeispiel ist der Träger 8 mit einer wendelförmigen Ringnut versehen, deren Verlauf dem Verlauf der Windungen 9' entspricht. Die auf den Träger 8 aufgebrachte leitende Schicht wird anschließend in den Zwischenräumen 10 entfernt. Von der leitenden Schicht bleiben dann nur die in der Nut liegenden Windungen 9' übrig.

Die Rogowski-Spule 9 bildet nicht nur einen Stromsensor für den im Kabel fließenden Strom, sondern auch einen kapazitiven Spannungssensor, von dem infolge der kapazitiven Ankopplung an die Kabelseele ein Signal abgenommen werden kann, das der Spannung entspricht, die das Kabel führt. Die Zwischenräume 10 beeinflussen die Kapazität zwischen der von den Windungen 9' gebildeten Elektrode und der Kabelseele praktisch nicht.

Es bereitet deshalb keine Probleme, ein standardisiertes Spannungssignal zu erzeugen. Zwei nur in Fig. 3 dargestellte Verbindungsleiter 11 sind vom Anfang und vom Ende der Rogowski-Spule 9 aus dem Isolierkörper 1 herausgeführt und hier vorzugsweise mit einer nicht dargestellten Steckbuchse verbunden, in die von außen

her ein Stecker eingeführt werden kann. An die beiden Verbindungsleitungen 11 wird, wie Fig. 3 zeigt, eine Auswerteschaltung für das Stromsignal angeschlossen, die in Fig. 3 symbolisch durch ein Amperemeter 12 dargestellt ist. An die eine Verbindungsleitung 11 wird ferner eine Auswerteschaltung für das Spannungssignal angeschlossen, die andererseits mit Erdpotential verbunden ist. In Fig. 3 ist diese Auswerteschaltung symbolisch durch ein Voltmeter 13 dargestellt. Wegen der einerseits mit Erdpotential verbundenen Auswerteeinrichtung für das Spannungssignal ist es wichtig, daß die Auswertung des Stromsignals potentialfrei erfolgt.

Die Windungen 9' der Rogowski-Spule 9 bilden nicht nur einen Stromsensor und einen Spannungssensor. Sie bilden auch zusammen mit der Schicht 5 des Trägerkörpers 4 die Feldsteuerungselektrode. Es ist dabei nicht störend, daß die Windungen 9' nicht so wie die Schicht 5 auf Erdpotential liegen, da das Potential der Windungen 9' nur in der Größenordnung von 100 Volt über dem Nullpotential liegt.

Das in Fig. 4 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt am Beispiel eines mit 114 bezeichneten Kabelendverschlusses, daß die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung auch als separates Bauteil ausgebildet und auch auf die Außenseite einer Armatur oder dergleichen aufgesetzt sein kann.

Von dem Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 bis 3 unterscheidet sich die Sensoreinrichtung 107 des zweiten Ausführungsbeispiels nur dadurch, daß der Träger 108 die Form einer zylindrischen Buchse mit abgerundeten Enden hat und daß die Windungen 109' der Rogowski-Spule 109 mit einer Schutzschicht 115 aus elektrisch isolierendem Silikonkautschuk vollständig abgedeckt sind. Da die Schutzschicht 115 den Träger 108 vollständig umhüllt, sind die Windungen 109' vollständig in elektrisch isolierendem Silikonkautschuk eingebettet.

Die Sensoreinrichtung 107 bildet eine elastisch dehnbare Hülse, die im Ausführungsbeispiel im aufgeweiteten Zustand auf den Isolator 116 des Kabelendverschlusses 114 aufgeschoben ist. Die Sensoreinrichtung 107 ist dabei so positioniert, daß sie einen Abschnitt des Kabels umgibt, der abschirmungsfrei ist. Dank der durch die Aufweitung bedingten radialen Vorspannung und der guten Haftfähigkeit von Silikonkautschuk besteht nicht die Gefahr, daß sich die Sensoreinrichtung 107 auf dem Isolator 116 verschiebt. Es braucht deshalb nicht befürchtet zu werden, daß sich die Größe der Signale verändert. Die mit dem Anfang und dem Ende der Rogowski-Spule 109 verbundenen und herausgeführten Verbindungsleiter, an welche die Auswerteschaltungen für das Spannungssignal und das Stromsignal angeschlossen werden, sind mit 111 bezeichnet.

Durch strichpunktierte Linien ist in Fig. 4 angedeutet, daß an die Schutzschicht 115 Schirmelemente 117 oder Tropfkanten angeformt sein können, mittels deren die Kriechstromfestigkeit noch erhöht werden kann, obwohl sie durch die Sensoreinrichtung 107 nicht verringert wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 zeigt, daß die erfindungsgemäße Sensoreinrichtung auch für eine Nachrüstung besonders geeignet ist.

#### Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung für Mittelspannungs- und Hochspannungsleiter mit einem elektrisch isolierenden zum Umfassen des Leiters ringförmigen Träger für eine ebenfalls ringförmige Elektrode als

kapazitiver Spannungssensor und eine den Leiter zu umfassen vermögende Spule als induktiver Stromsensor, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode durch die Windungen (9'; 109') der Spule (9; 109) gebildet ist.

2. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Windungen (9'; 109') der Spule (9; 109) eine einlagige Rogowski-Spule mit einem Spulenquerschnitt bilden, der gleich dem Querschnitt des Trägers (8; 108) ist.

3. Sensoreinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (8; 108) aus einem elastisch deformierbaren Material besteht und die Windungen (9'; 109') der Spule (9; 109) aus einer halbleitenden oder leitenden Schicht gebildet sind, die auf die Oberfläche des Trägers (8; 108) aufgebracht ist.

4. Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (8; 108) aus Silikonkautschuk besteht.

5. Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Windungen (9'; 109') der Spule (9; 109) aus elektrisch leitendem Silikonkautschuk bestehen.

6. Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Windungen (9'; 109) gebildete Elektrode die Form einer Feldsteuerelektrode hat.

7. Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (8) und die auf seiner Oberfläche liegenden Windungen (9') in einem vorzugsweise aus Silikonkautschuk bestehenden Isolierkörper (1) eines Kabelsteckers für Mittelspannungs- und Hochspannungskabel konzentrisch zu dessen zentralem Durchgangskanal angeordnet sind und daß die Spulenenden kontaktierende Verbindungsleitungen (11) aus dem Isolierkörper (1) herausgeführt sind.

8. Sensoreinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (8) gleichachsial zu einer zumindest teilweise in den Isolierkörper (1) eingebetteten und im montierten Zustand des Kabelsteckers auf Erdpotential liegenden Feldsteuerelektrode (5) derart angeordnet ist, daß die von den Windungen (9') gebildete Feldsteuerelektrode gegenüber der auf Erdpotential liegenden Feldsteuerelektrode (5) elektrisch isoliert ist, jedoch gemeinsam mit letzterer den für die Feldsteuerung erforderlichen Trichter bildet.

9. Sensoreinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie als ein vorzugsweise in elastisch aufgeweitetem Zustand auf die Außenseite eines Bauteils, durch den ein Hochspannungsleiter hindurchgeführt ist, aufsetzbares, ringförmiges Bauteil ausgebildet ist.

10. Sensoreinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Windungen (109') der Spule (109) vollständig mit einem Isoliermaterial (115), vorzugsweise Silikonkautschuk, abgedeckt sind.

11. Sensoreinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an das die Windungen (109') abdeckend Material (115) wenigstens ein die Kriechstromstrecke verlängerndes Element (117) angeformt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

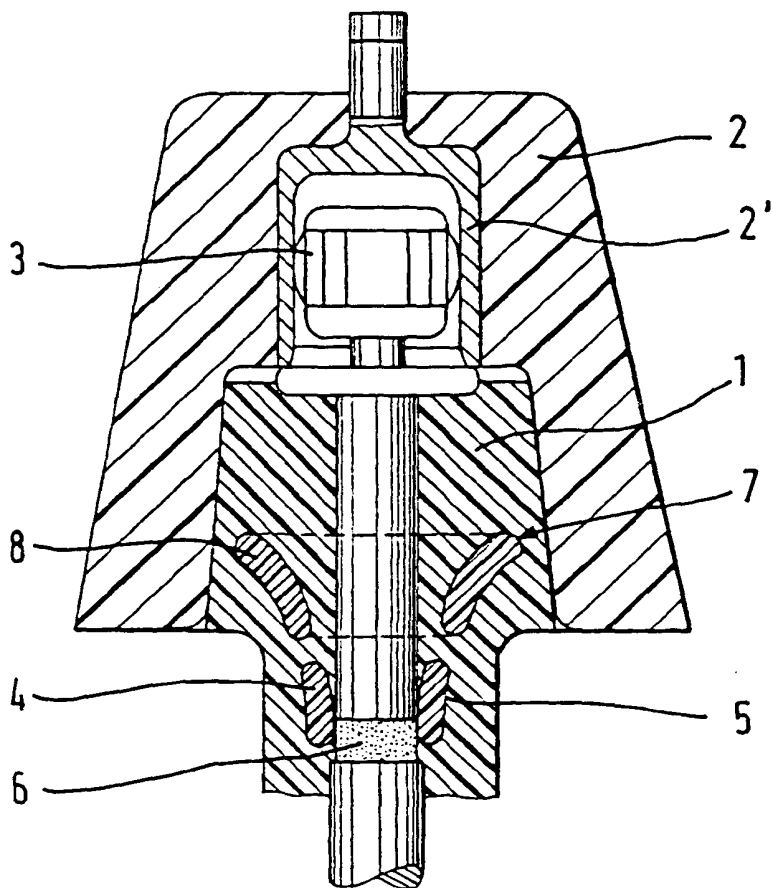


Fig.2

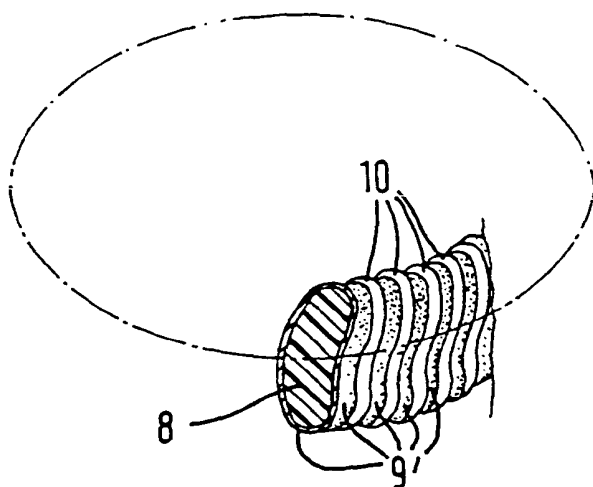


Fig.3

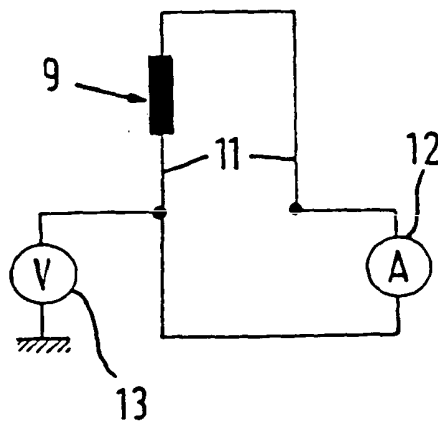


Fig.4

